

УДК 621.791.927.5

Серенко В.А.\*

### ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ ПОРШНЕЙ

*Приведены параметры оптимизации технологии наплавки алюминиевых поршней двигателей внутреннего сгорания. Выбран профиль канавки, по очертанию близкий к линии сплавления и по предварительным экспериментам обеспечивающий лучшую дегазацию сварочной ванны.*

При разработке технологии наплавки поршней необходимо учитывать, что ее схема, режимы и другие параметры зависят от назначения процесса: изготовительная наплавка (при производстве новых поршней) и восстановительная (при наплавке изношенных поршней).

Рассмотрим, как определяются технологические параметры для упрочнения новых поршней.

Работоспособность металла, наплавленного в зоне канавки под первое компрессионное кольцо импульсно-дуговым способом порошковой проволокой в среде аргона, определяется факторами, важнейшим из которых является состав и качество наплавленного металла, форма проплавления [1, 2]. Указанные факторы зависят, в свою очередь, от выбранных типоразмеров начальной канавки под наплавку поршней, режима дугового процесса, состава порошковой проволоки [3].

Целью данной работы является расчетное определение и экспериментальное подтверждение геометрических параметров предварительно проточенной канавки под наплавку алюминиевых поршней.

Учитывая, что априорно нельзя с достаточной степенью верности оценить влияние того или иного фактора на конечный результат, было применено экспериментально-статистическое моделирование. Для оптимизации технологии наплавки использовалась теория планирования эксперимента. В исследование включены девять выходных параметров, определяющих результирующие свойства и качество наплавки.

Перед наплавкой производилась предварительная проточка канавки специального профиля, обеспечивающего легкую варьированность параметров с целью поиска наилучшего варианта (рис. 1).

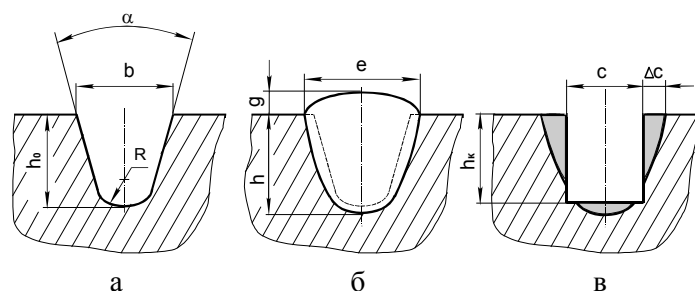


Рис. 1 – Профиль канавки под наплавку (а), вид наплавленного валика (б), профиль нарезанной канавки под компрессионное кольцо (в)

Выбранный профиль канавки по очертанию близок к линии сплавления и по предварительным экспериментам обеспечивает лучшую дегазацию сварочной ванны. Кроме того, заполнение такого профиля требует минимума массы наплавленного металла и, следовательно, минимума потребляемой электроэнергии.

Расчетный радиус канавки  $R$  определяли по следующей зависимости [4] (рис. 1).

$$R = \frac{h_0 \operatorname{tg} \beta - 0.5b}{\operatorname{tg} \beta - \cos \beta^{-1}}, \quad (1)$$

где  $\beta = 1/2\alpha$ .

\*ПГТУ, канд. техн. наук, доц.

Масса наплавленного шва единичной длины может быть определена по формуле

$$G = F_n \rho, \quad (2)$$

где  $F_n$  – площадь поперечного сечения наплавленного шва,  $\text{м}^2$ ;

$\rho$  – плотность металла наплавки,  $\text{кг/м}^3$ .

Площадь  $F_n$  зависит от площади канавки  $F_k$  и площади валика  $F_e$ :

$$F_n = F_k + F_e \quad (3)$$

Величины составляющих площади  $F_n$  вычисляем по зависимостям:

$$F_k = (h_0 - R)(0.5b + R \cos \beta^1) + R^2 \tan \beta + 2\pi R^2 ((90 - \beta)/360);$$

$$F_e \approx 0,73eg. \quad (4)$$

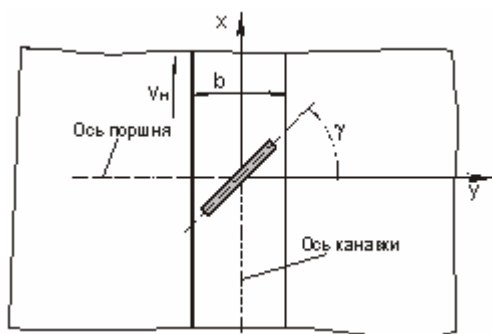


Рис. 2 – Схема расположения электродной ленты при наплавке

Глубина проплавления  $h$  (рис. 1б), ширина валика  $e$  и его высота  $g$  зависят не только от параметров режима наплавки, но и от угла наклона  $\gamma$  плоскости порошкового электрода к оси поршня к вектору скорости наплавки (рис. 2)

Для получения экспериментально-статистических зависимостей между технологическими параметрами наплавки поршней, твердостью и качеством наплавленного металла использовали симплексно-решетчатое планирование, что позволило значительно уменьшить количество экспериментов.

По результатам двенадцати опытов были построены уравнения регрессии вида

$$y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \quad (5)$$

Статистическая обработка результатов эксперимента проведена по стандартной методике.

Проведен расчет дисперсий в каждой экспериментальной точке с последующей проверкой их однородности по критерию Кохрена, вычислены дисперсии воспроизводимости и адекватности, построены доверительные интервалы для полученных коэффициентов регрессии.

Проверка адекватности полученных уравнений производилась по F-критерию Фишера.

Полученные модели дают возможность представить зависимость твердости наплавленного металла и его формирования от параметров режима наплавки.

При этом была достигнута область оптимума параметров режима наплавки и геометрических параметров предварительно протачиваемой канавки под наплавку, позволяющих получить наплавленный металл необходимой твердости и качества.

Анализ велся с учетом стабильности протекания дугового процесса, хорошего формирования сварного шва, минимального разбрызгивания и пористости. При этом были приняты следующие ограничительные признаки:

- отсутствие пор в металле наплавки (за исключением пор в верхней, удаляемой мехобработкой части наплавленного валика);
- отсутствие подрезов и несплавлений с основным металлом;
- хороший внешний вид наплавленного валика.

Оптимальные размеры предварительно протачиваемой канавки под наплавку имеют следующие значения:

- глубина канавки  $h_0 = 4$  мм;
- ширина канавки в верхней части  $b = 6$  мм;
- угол наклона стенок  $\alpha = 15$  град;
- радиус дна канавки  $R = 2,5$  мм.

Качество формирования наплавленного валика оценивали при помощи метода ранжирования, основанного на обработке качественной субъективной информации, полученной в результате опроса мнений специалистов.

Таким образом, получены следующие оптимальные параметры режима изготовительной наплавки поршней:

$$I_{\text{св}} - 300 \text{ А}, U_{\text{д}} - 24 \text{ В}, V_{\text{св}} - 30 \text{ м/ч}, I_{\text{имп}} - 800 \text{ А}, \tau_{\text{имп}} - 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ с}, \gamma - 10 \text{ град.}$$

Параметры процесса восстановительной (ремонтной) наплавки изношенных поршней будут отличаться от параметров изготовительной, поскольку она производится в готовую канавку под поршневое кольцо, размеры которой колеблются в зависимости от типа двигателя.

Прямоугольный профиль канавки вызывает дополнительные трудности в подборе режимов в связи с возможными дефектами в виде несплавления в углах канавки и повышенной склонностью к порообразованию в нижней части наплавленного валика.

Важным фактором, который необходимо учитывать при отработке технологии наплавки, является характер переноса электродного металла в сварочную ванну. Использование порошкового электрода (плющенко) наряду с большими достоинствами имеет явный недостаток, связанный с подвижностью шихты в алюминиевой оболочке, что может приводить к частичному просыпанию шихты в момент оплавления.

При наплавке на постоянном токе обратной полярности устойчивый процесс плавления и переноса электродного металла, при использовании порошкового электрода марок ПЛ-МА-5..7, наблюдается при токах более 350 А. Однако наплавка на таком режиме приводит к перегреву основного металла (поршня) и его разупрочнению и, кроме того, из-за глубокого проплавления и интенсивного перемешивания наплавленного и основного металла происходит снижение концентрации легирующих компонентов в наплавленном металле с соответствующим снижением жаропрочных характеристик.

Для устранения упомянутых трудностей наплавки порошковым электродом рекомендуется использование высокопроизводительного процесса импульсно-дуговой наплавки в среде аргона.

Полученные результаты исследований могут быть использованы при дальнейшем изучении влияния варьируемых технологических факторов, определяющих результирующие свойства и качество наплавки.

### *Выводы*

1. Выбран профиль канавки под наплавку, по очертанию близкий к линии сплавления и по предварительным экспериментам обеспечивающий лучшую дегазацию сварочной ванны.
2. Приведены расчетные зависимости радиуса канавки под наплавку  $R$ , глубины проплавления  $h$ , ширины валика  $e$  и его высота  $g$ , зависящие не только от параметров режима наплавки, но и от угла наклона  $\gamma$  плоскости порошкового электрода к оси поршня.
3. Для восстановительной наплавки рекомендовано использование высокопроизводительного процесса импульсно-дуговой наплавки в среде аргона.

### *Перечень ссылок*

1. Лызо Г.П. Тракторы, автомобили, двигатели / Г.П. Лызо, А.П. Лызо, В.А. Лозовский. – М.: Высшая школа, 1968. – 500 с.
2. Канарчук В.Е. Долговечность и износ двигателей при динамических режимах работы / В.Е. Канарчук. – К.: Наукова думка, 1978. – 256 с.
3. Шалай А.Н. Исследование износа канавок алюминиевых поршней форсированных дизелей / А.Н. Шалай // Тр. ЦНИДИ. – 1979. – Вып. 76. – С. 74 – 77.
4. Серенко В.А. Разработка электродных материалов для усовершенствования промышленной технологии упрочнения алюминиевых поршней: Дис. ... канд. техн. наук: 05.03.06. / В.А. Серенко. – Мариуполь, 2001. – 189 с.

Рецензент: А.Д. Размышляев  
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 26.03.2009